

様式 C-7-1

令和2年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	教授		
	氏名	小笠原 司		

1. 研究種目名 基盤研究(A)(一般) 2. 課題番号 19H01124

3. 研究課題名 マルチモーダルタッチケアロボットの開発と心理学的検証

4. 研究期間 令和元年度～令和4年度 5. 領域番号・区分 -

## 6. 研究実績の概要

本年度は以下の研究内容に取り組んだ。

(1) 触覚によるインタラクション技術開発に関しては、人の手を模したハンドの改良を行い、人体の形状にそった「なでる・さする」といった接触を伴う滑らかな動作が可能なハンドを実現した。また、心理ストレスと精神的ストレスの指標を評価可能な計測センシング手法を検討した。さらに、「なでる・さする」動作を計画・実行するタッチケア制御技術に関して、形状推定の不確実性に対応した滑り動作の計画・実行手法について手法を確立した。特に、着衣による被覆部位（背中や肩など）に対して、触覚情報を基に推定される被覆部位の内部形状の推定に、視覚情報を基に推定される衣類の外部形状の情報も利用する枠組みを開発した。

(2) 聴覚刺激提示に関して、「なでる・さする」動作の効果拡大を目的として、対話によってロボットと人間の信頼関係を構築するペーシング技術を拡張し話速と接触動作のペース、および動作反復のタイミングが調和した「話しながらなでる」動作手法の検討を実施した。また、タッチケアロボットの容姿が物理的な身体を持つロボットか、コンピュータグラフィクスで描かれたバーチャルのロボットのどちらが適しているかの検証を行うために、拡張現実感（AR）によるロボットの容姿提示を行った。そのために、HMD(ヘッドマウントディスプレイ)を用いロボットアーム上に、コンピュータグラフィクスで描かれたエージェントを重畳表示し、「話しながらなでる」動作手法が可能な環境の構築を行った。

(3) マルチモーダルタッチケアの心理学的検証に関しては、視覚・聴覚によるインタラクション技術開発の項目で開発した対話方法に関して、被験者実験による心的変容の主観的・客観的評価に関する実験環境の構築を行い、予備評価実験を行った。

## 7. キーワード

インタラクションロボット タッチケア マルチモーダル 生体情報計測

## 8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

## 理由

触覚によるインタラクション技術開発、視覚・聴覚によるインタラクション技術開発、マルチモーダルタッチケアの心理学的検証の3つの項目に関して研究を進めているが、各項目とも順調に成果を出している。

触覚によるインタラクション技術開発に関しては、まず、従来開発済のハンドをマニピュレータに統合したシステムの試作まで行うことができた。この試作システムに聴覚の統合まで試作することができて、プラットフォームシステムのプロトタイプを構成することができた。さらに、開発したシステムを改良することにより、人体の形状にそった「なでる・さする」といった接触を伴う滑らかな動作が可能なハンドを実現した。また、着衣による被覆部位の形状を、視覚・触覚情報から効率的に推定することで、人体形状にそった「なでる・さする」動作の計画・実行が可能となった。

視覚・聴覚によるインタラクション技術開発に関しては、人の「話しながらなでる」動作の解析より構築した動作モデルを用いて、人のように「話しながらなでる」ことができるロボットを実装した。主観的評価・客観的評価により、より心地よいケアを実現する上で、「話しながらなでる」というマルチモーダルインタラクションが有効であることが示唆された。さらに、予備評価実験を通して、最も効果的な話速と接触動作のペース、および動作反復のタイミングの関係性を明らかにした。ロボットの容姿に関しては、コンピュータグラフィクスで描かれた容姿を重畳表示した「話しながらなでる」動作の予備評価実験を通して、ロボットの性別が「なでる動作」の効果に影響することを確認した。

また、対話と触覚によるインタラクションを統合したプロトタイプシステムによる心理学的評価実験にも、引き続き取り組んだ。

3版

## 9. 今後の研究の推進方策

引き続き、3つの項目での検討事項については個々に研究に取り組むとともに、項目間の連携を常に意識しつつ研究に取り組む。

触覚によるインタラクション技術に関して、人の手を模したハンドの改良を行う。人体の形状にそった「なでる・さする」滑らかな動作が可能なハンドを目指す。また、心理ストレスと精神的ストレスの指標を評価可能な計測センシング手法を検討する。「なでる・さする」動作を計画・実行するタッチケア制御技術に関して、形状推定の不確実性に対応したなぞり動作の計画・実行手法については、その手法の確立をめざす。さらに、人の手を模したハンドとマニピュレータによりタッチケア動作システムを構築するとともに、視覚・聴覚機能を統合したタッチケア動作のためのプラットフォームシステムの構築を行う。

視覚・聴覚・触覚刺激統合による「なでる・さする」動作の効果拡大を目的として、話速や反復動作のタイミング調整により、効果的な「なでながら話す」動作の検証を実施する。また、ロボットアームとコンピュータグラフィクスで描かれたバーチャルのロボットを統合したシステムを用いて視覚効果を含む「なでながら話す」動作が人間に与える心理的影響を調査する。

そして、人の五感に訴えかけるマルチモーダルタッチケアロボットの開発を行い、タッチケアロボットの効果を生体情報計測に基づく心理学的評価により検証する。

## 10. 研究発表（令和2年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著論文 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tainaka Keishi, Kodama Tetsuya, Butaslac Isidro Mendoza, Kawase Hiroya, Sawabe Taishi, Kanbara Masayuki	4. 巻 -
2. 論文標題 TSUNDERE Interaction: Behavior Modification by the Integrated Interaction of Cold and Kind Actions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction	6. 最初と最後の頁 153-156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3434074.3447149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taishi Sawabe, Suguru Honda, Yuichiro Fujimoto, Masayuki Kanbara, Hirokazu Kato	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigation of the Human-Robot Interaction in Affective Robotics Using HRI with apparent differences in VR/AR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Workshop on Virtual, Augmented and Mixed Reality for Human-Robot Interaction	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomoya Miyamoto, Hikaru Sasaki, Takamitsu Matsubara	4. 巻 5
2. 論文標題 Exploiting Visual-Outer Shape for Tactile-Inner Shape Estimation of Objects Covered with Soft Materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 6278 ~ 6285
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2020.3013915	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石倉智貴, 湯口彰重, 北村勇希, 趙崇貴, 丁明, 高松淳, 佐藤弥, 吉川左紀子, 小笠原司
2. 発表標題 人の手を模したハンドを用いた優しい撫で動作の主観的, 生理学的評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田井中溪志, 児玉哲哉, 川瀬寛也, イシドロ ブタスラク, 澤邊太志, 神原 誠之
2. 発表標題 ツンデレインタラクション ~ 冷たい振る舞いと優しい振る舞いを統合したインタラクションによる行動変容 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 クラウドネットワークロボット研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤邊太志, 本多 克, 藤本 雄一郎, 神原 誠之, 加藤 博一
2. 発表標題 VR/ARを用いた視覚的变化による「なでながら話す」マルチモーダルインタラクティブロボットに関する心地良さの印象評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 クラウドネットワークロボット研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米野尚斗, 松原崇充
2. 発表標題 確率共鳴に基づく生体模倣型触覚センサの触知覚感度強化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

3版

〔図書〕 計0件

1.1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1.2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1.3. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1.4. 備考

ロボットラーニング研究室 研究紹介  
<https://sites.google.com/view/naist-robot-learning-jp/>  
2019 introduction video @ NAIST Robotics Lab  
<https://www.youtube.com/watch?v=DYqRQ6nn69o>